

小学生を対象にしたロボットを用いたプログラミング教室[†]

平間啓太郎*・菊地 智美*・菊池 貴大**・松原 真理*
宇都宮大学教育学部*
宇都宮大学大学院教育学研究科**

現行の学習指導要領の導入に際し、中学校技術科だけでなく小学校においても情報分野の内容が重視されるようになった。今後その傾向は強まり、特にプログラミングは論理的思考力や問題解決能力が得られる教材として教育現場に取り入れられる可能性がある。しかし、小学校におけるプログラミング学習の実践例は少数である。そこで、小学校におけるロボット教材を利用したプログラミング学習の提案を目的とし、ロボット教材の選定を行い、授業計画を立てた。今回この授業計画に基づき、宇都宮大学の「子どもたちの豊かな学び支援事業」によって、小学生を対象にしたプログラミング教室を行った。その様子と事前、事後に行ったアンケートの結果を報告する。

キーワード：小学校教育、技術教育、授業実践、ロボット教材、プログラミング

1. はじめに

現行学習指導要領¹⁾導入により、中学校技術・家庭科の技術分野では4内容に再編され、全内容が必修化された。その中の「D 情報に関する技術」における「プログラムによる計測・制御」も以前は選択であったが、今回の改訂により必修となった。近年、この学習には自律型ロボット教材が多く用いられている^{2) 3)}。ロボットは、プログラムによる計測・制御やエネルギー変換など技術領域を広く学習できる教材として注目されている。これまで、ロボット学習がものづくりの興味・関心を高め、問題解決能力や工夫し創造する能力の育成に効果的であることを示す事例や研究も報告されている⁴⁾。

また、小学校の学習指導要領⁵⁾には「低学年からコンピュータに慣れ親しむ」、「情報モラルを身に付ける」という記述がある。情報モラルは知識の詰め込みではなく、必要な情報かどうかを判断し適切に処理する能力がないと身に付かないと考えられる。

[†] Keitaro HIRAMA*, Takahiro KIKUCHI**, Tomomi KIKUCHI* and Mari MATSUBARA*: Programming Study Using Robot Teaching Materials in Elementary School

* Faculty of Education, Utsunomiya University

** Graduate School of Education, Utsunomiya University

このために、問題解決能力を養うプログラミング学習は有効であり、小学生が興味を持っているロボットを用いれば更に効果が増すと考えられる。しかし小学生に対して小学校における自律型ロボットを用いたプログラミング学習の実践例は少数である⁶⁾。そこで、小学生においてもロボット教材を用いたプログラミング学習が可能であるかどうかを検証するために、本実践を行った。本報では教材の選定、授業実践、アンケート結果などについて報告する。

2. 教材の選定

現在、ロボット教材は数多く存在している。今回は対象が小学生であるため、近年用いられているロボット教材の中から適している教材について比較・検討を行った。各項目の番号及び評価の記号を次のようにする。その結果を表1に示す。

1：操作性 2：画面の見やすさ 3：プログラミングの難易度 4：製作の難易度 5：センサーの数
6：プログラミングの形式

◎：適している ○：比較的適している
△：工夫・改善を要する

表 1 自立型ロボットの比較表

	WeDo	RCX	NXT	OJ2	TJ3	CC2	RD
1	○	△	○	◎	◎	○	○
2	◎	◎	○	◎	◎	◎	○
3	◎	○	○	◎	◎	◎	○
4	◎	○	○	△	○	△	△
5	2	2～	5～	3	3	1	2～
6	GUI	GUI CUI	GUI CUI	GUI CUI	GUI CUI	GUI CUI	GUI CUI

表 1 より、センサーの多様性を踏まえ、LEGO MINDSTORMS Education NXT（図 1、以下 NXT）が適していると判断した。



図 1 NXT

今回、NXT のプログラミングソフトウェアは「NXT Programming」（図 2）を用いることとした。

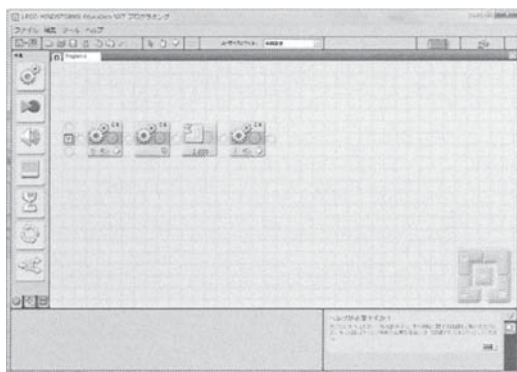


図 2 NXT Programming 画面

これは GUI (Graphical User Interface) 型である。これは、アイコンや数値が分かりやすく、マウ

スでの操作が大半を占めることから、小学生でも簡単にプログラムの作成が可能であると考ええる。

本来、NXT は CPU とモーターやセンサーを自由に組み立てることができるが、本教室ではあらかじめセンサーやタイヤを取り付け、ロボットをすべて同じ仕様として準備した。そうすることにより、受講者はプログラムを組み、実行するだけの作業とした。なお、今回使用したセンサーは、音センサー、タッチセンサー、超音波センサー、赤外線センサーの 4 つである。

3. 授業実践

3.1 実践の概要

授業実践は、宇都宮大学「子どもたちの豊かな学び支援事業」の支援を受け、2013 年 12 月 15 日（日）に行った。

参加した小学生は県内の小学校 4 年生～6 年生の計 9 名で、その保護者は 4 名である。9 名のうち 2 名がロボットを用いたプログラミングの経験者であり、他の 7 名は初心者である。

パソコンと NXT を受講者 1 人 1 台ずつ準備し、大学教員 1 名、大学院生 1 名、学部生 8 名で指導を行った。

3.2 授業展開

3.2.1 実践計画

実践の計画は次の通りとする。1 単位時間は 45 分とする。

- ① 事前アンケート、ロボットの紹介、基本動作（前進・後退、右折、左折など）
- ② センサーの説明および演習（音・タッチ・超音波・赤外線センサー）
- ③ 最終課題（カーリングゲーム）、事後アンケート

本実践は 3 単位時間で行うため、最終課題の達成のためには時間が足りなくなることが予想された。そこで、基本動作や各センサーなどの説明を詳しく示したテキスト（図 3）を作成した。テキストには受講者にとって分かりやすいように、「後退」を「バック」、「アイコン」を「ボタン」とするなど、身近な言葉に統一する点を留意した。次にそれぞれの時数で行った実践内容について示す。

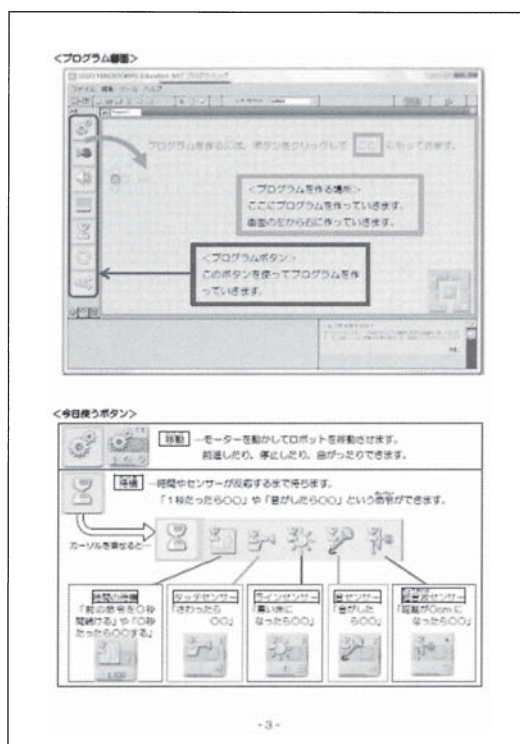


図3 使用したテキスト

3.2.2 一時限目

実践の最初に事前アンケートを行った。それについては考察と共に4節で述べる。そして、この授業の概要を説明した。

授業は、配布したテキストやパワーポイントのスライドをもとに進行した。まず、二足歩行ロボットや自動車などを例に出し、「ロボット」とはセンサー・CPU（コンピュータ）・モーターから成り立っているということについて説明した。

次に、NXTの説明をした。受講者はプログラミングの学習について大半は初心者であり、NXTを使用したことがある受講者はいなかったため、テキストをもとにプログラムの定義、NXT、NXT Programming、プログラムの転送方法、プログラムの実行方法などについて詳しく説明を行った。また、説明の際には実際の操作画面とテキストの説明部分の2画面をプロジェクターで映し、視覚的に理解しやすいようにした。受講生は講師の説明と共に、プロジェクターの画面やテキストを見ながら同時進行で作業を行った（図4）。

次に、基本動作である前進・後退、左折・右折の説明をした。用意した例題及び課題を表2に示す。



図4 講習会会場の様子

表2 例題及び課題

- | |
|--|
| 例題1：3秒前進→2秒停止→3秒バック |
| 例題2：3秒前進→左に1秒回転→3秒前進 |
| 例題3：左・右に90°回転する時間 |
| 課題4：ロボットが四角形を描いて元に戻る
(2秒前進→90°右回転の繰り返し) |

プログラムの例題及び課題ごとに、講師による説明、受講生によるプログラムの作成、ロボットの作動のサイクルで進行した。最終的な課題は、それまでの例題や課題の内容を用いた内容とし、1時間目の確認としての位置付けとした。

1時間目の全体を通しての受講生の様子(図5)は、最初はプログラミングが初めてということもあり少し戸惑う部分も見られたが、作業に慣れていくにつれて自ら進んで作業を行っていた。

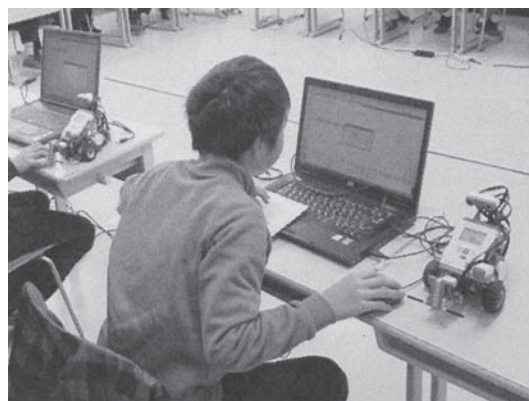


図5 1時間目の様子

分からないところは積極的に質問したり、保護者と相談したりしながら進行している様子が見られた。初めてのプログラミングでも、説明や資料を詳しくすることで十分理解できている様子だった。

3.2.3 2時間目

ここでは、各センサーの説明と演習を行った。各々のセンサーについて設定した例題及び課題を表3に示す。例題1及び課題1は音センサー、例題2はタッチセンサー、例題3は超音波センサー、例題4及び課題2は赤外線センサーの例題及び課題とした。

表3 例題及び課題

例題1：前進→手を叩く→停止
課題1：前進→手を叩く→90°左回転
例題2：前進→壁にあたる→3秒間バック
例題3：前進→障害物発見→1秒停止→2秒バック
例題4：前進→黒い線を判別→停止
課題2：前進→黒い線を判別→2秒バック

NXTの特徴でもある多様なセンサーの紹介及び使用するために、4つ全てのセンサーについて取り扱った。各々のセンサーにおいて例題と課題の両方を設けたかったが、時間の関係上、課題は一部のセンサーのみとした。音センサーの例題1は受講者全員で一斉にプログラムを実行する場面を設けた。他の課題は各個人でプログラムの作成・修正と実行を繰り返すようにした。例題に取り組んでいる様子を図6に示す。

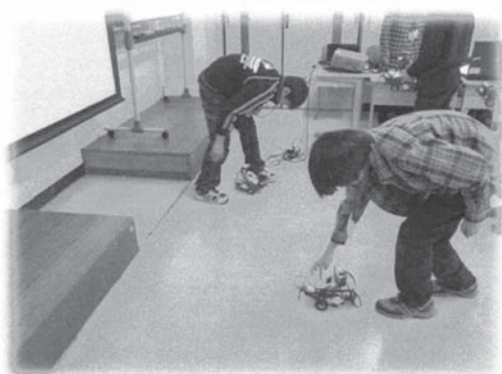


図6 例題に取り組んでいる様子

全体の進行は前時と同様に行った。各例題及び課題の一部の動作に関しても、前時に行った内容と同様のものとした。これは、受講者が同じプログラミングを繰り返すことにより、短時間ながらも基本的なプログラムの作成方法を身に付けやすくしたためである。

2時間目の全体を通しての受講生の様子は、前時の基本動作に加え、センサーという新たな要素を取り入れることにより、更に興味関心が増大した様子で取り組んでいた。各例題及び課題に取り入れた基本動作に関しては、説明を待たずしてプログラミングを行っている受講者も多く見ることができ、作成方法が定着化してきている様子を見ることができた。また、次第に慣れてきたこともあり、ロボットを自分の作成したプログラム通りに動かすことができ、「楽しい」などの声を聞くことができるようになった。

3.3.3 3時間目

最終課題として、カーリングゲームを行うことを知らせ、その内容について説明した。なお、使用したコートを図7に示す。

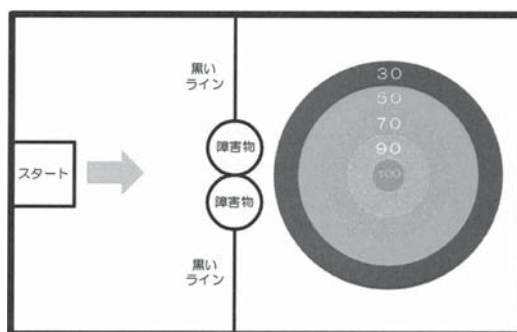


図7 カーリングゲームのコート

◇カード集めゲームのルール

- ・ロボットをカーリングの玉として動かし、得点を競うゲーム。
- ・円の中心にいくほど高得点になる。
- ・スタート位置は固定し、ロボットの向きは矢印の方向とする。
- ・コートには障害物（ペットボトル2個）を設置。
- ・ロボットのどの部分を得点とするかは、自ら決める。
- ・得点が同じ場合は、ゴールするまでの時間が早い

ロボットの勝ちとする。

- ・どのセンサーを使用しても構わない。

最終課題は対象が小学生ということもあり、互いに対戦できる課題であり、尚且つ NXT のセンサーの多様性を活かすことができる課題という基準で選定を行った。

最終課題のプログラムは、前時までの内容を用いることにより作成することができる。センサーを使用せずにも作成することができ、また、どのセンサーをいくつでも使用することができるようになっていいる。そのため、課題を解決するための選択肢を多く設けることにより、受講者の多種多様な発想に対応することができる。

受講者は前時までの内容を思い出ししながら、プログラムを作成している様子であった。また、最終課題の開始時間まではコート 2 面を開放し、自由に練習できるようにした。受講者はプログラムを作成するとコートで練習し、問題点を逐次改善している様子であった。

ゲームは 2 面のコートで 1 回ずつ行い、各コートでの得点と時間及び使用したセンサーを表 5 に示す。6 人の受講者がタッチセンサーを使用し、1 人は音センサーを使用した。また、1 人は超音波センサーと音センサーの 2 つを使用し、もう 1 人は時間制御のみでセンサーを使用しなかった。

全体の様子を見ると、センサーを効果的に使用していた受講生やパワーレベルを落とし、時間は遅いものの正確に動くプログラムを作成した受講生など、各受講生によって様々な取り組みを行っていた。タッチセンサーについても、1 回のみ使用して残りは時間制御にしていた受講者や、2～3 回使用して時間制御の部分減らしていた受講者がおり、受講者全員が異なるプログラムを組んでいた。

受講者 A が超音波センサーと音センサーを使用して作成したプログラムを図 8 に示す。このプログラムは、スタートして前進し、超音波センサーが障害

物を感知したら左折し、時間制御で直進し、右に方向を変え、的の中心に向かって直進し、中心が近くなったら人が音を発することにより音センサーでロボットを停止させるというプログラムである。また、どのように動かしたいのかを考えてはいるが、その通りにセンサーなどを組み合わせることが出来ない受講生も数人見られた。そこでは、講師が受講者の考えを聞き、前時までのテキストを参考にするようにアドバイスするなど、最終課題に間に合うように必要に応じて助言した（図 9）。

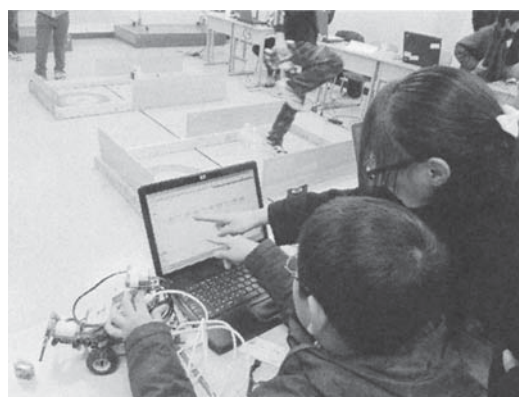


図 9 最終課題のプログラムを作成している様子

最終課題のでカーリングゲームをしている様子を図 10 に示す。今回、全受講者が得点を得ることができていた。表 4 に示した順位は各コートでの結果の良い方を個人の得点及び時間として決定した。得点が得られることで、とても熱意を持って取り組んでいる様子であった。また、受講生は、自分以外の対戦も集中して観戦していた。他の受講生のロボットの動きを見て、良いところを自分のプログラムに取り入れるため、次の対戦までのわずかな時間の中で改善している様子が見られた。前時までの内容を用いることにより、任意のセンサーなどを組み合わせることが出来、自分の考えたロボットの動かし方のプログラムを作成して実行することが出来る最終課題

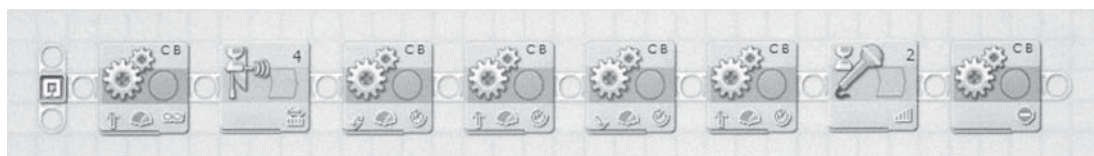


図 8 カーリングゲームのプログラム例

であったと考える。各受講者によって無限の考え方や工夫点が存在するので、最終課題として適していると考え。しかしながら、表 4 より、2 回と



図 10 コートにおいて試走している様子

も高得点を得られている受講者がいる一方、片方は得点を得られているが、もう片方は得点を得られていない受講者もいた。そこで、もう少し時間を確保できるならば、より正確性を求めたプログラムにするにはどうすればよいかを考える活動も取り入れるべきであると考え。

表 4 カーリングゲーム結果

順位	受講者	コート①		コート②		使用したセンサー
		得点	時間	得点	時間	
5	A	50	08:00	70	13:48	超音波・音
4	B	50	12:59	70	08:23	音
	C	0	----	30	11:68	タッチ
	D	30	14:18	30	14:56	タッチ
2	E	70	10:37	100	10:05	タッチ
	F	10	23:68	30	14:07	タッチ
1	G	100	08:42	50	09:31	タッチ
3	H	90	11:87	90	13:21	タッチ
	I	10	09:27	0	13:32	なし

4. アンケート及び感想

4.1 アンケート結果

実践前の事前アンケートと実践後の事後アンケートの結果を分析する。事前アンケートの内容を表 6 に、事後アンケートの結果を表 7 に示す。事前・事後アンケートから算出した問 1 のそれぞれの平均値を表 8 とグラフ (図 11) に示す。

表 6 質問項目 (事前)

問1. 以下の問いに対して、1～5 であなたの考えが最も当てはまるところに○をつけてください。

1 - そう思わない 2 - あまり思わない 3 - どちらともいえない 4 - まあまあ思う 5 - かなり思う

Q1. ロボットに対して興味がある
Q2. ロボットのメカ (機構) の部分が知りたい
Q3. ロボットの情報 (プログラム) の部分が知りたい
Q4. プログラムがどのようなものか知りたい
Q5. プログラムを作成したい
Q6. プログラムに対して色々なことが知りたい
Q7. 自分の力でプログラムが考えられるようになりたい
Q8. これから行う講習が楽しみた

問 2. プログラムをパソコンを使って作ったことがありますか (ある・ない)

表 7 質問項目 (事後)

問 1. 以下の問いに対して、1～5 であなたの考えが最も当てはまるところに○をつけてください。

1 - そう思わない 2 - あまり思わない 3 - どちらともいえない 4 - まあまあ思う 5 - かなり思う

Q1. ロボットに対して興味がわいた
Q2. ロボットのメカ (機構) の部分が知りたくなった
Q3. ロボットの情報 (プログラム) の部分が知りたくなった
Q4. プログラムがどのようなものか分かった
Q5. プログラムを作成したくなった
Q6. プログラムに対して色々なことが知りたくなった
Q7. 自分の力でプログラムが考えられるようになりたくなった
Q8. 講習が楽しかった

問 2. 今日の講習で面白かったところ、楽しかったところはどこですか

問3. 今日の講習で難しかったところ、工夫したところはどこですか
問4. 今日の講習の感想を書いてください

表8 事前・事後アンケート結果

質問項目	事前	事後
Q1. ロボットに興味がある	4.89	4.89
Q2. ロボットのメカ的（仕組みなど）なところを知りたい	4.67	4.89
Q3. ロボットの情報的（プログラムなど）なところを知りたい	4.44	4.89
Q4. プログラムがどのようなものか知っている	3.00	4.89
Q5. プログラムを作ってみたい	4.67	4.78
Q6. プログラムのいろいろなことが知りたい	4.44	4.78
Q7. 自分の力でプログラムが考えられるようになりたい	4.56	4.89
Q8. これから行う授業が楽しみだ	4.67	4.89

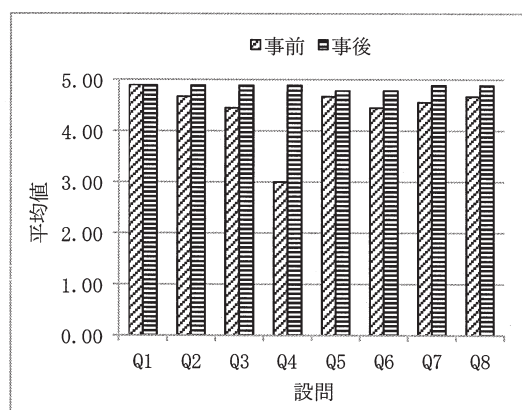


図11 事前・事後アンケート平均値

事前アンケートの結果は、ほとんどの項目で比較的高い数値を示していた。それは、今回の講習会に自ら参加しているため、当初からロボットやプログラミングへの高い興味・関心があったためであると考えられる。これは、問3に多くの受講者が「楽しそう」「面白そう」と回答した点とも合致する結果であった。質問項目4については、他の項目に比べて低い数値であった。これは、対象が小学生であるため、プログラムについて興味・関心はあるものの学習していないため、知識や経験が無いことが原因と考える。事後アンケートの結果は、どの質問項目に関しても非常に高い値を得られた。事前アンケートと比較すると、質問項目4において大きく平均値が上昇

したことが分かる。この結果より、数時間の本講習でもプログラムがどのようなものか理解することができたといえる。また、図11から分かるように、全項目において事前よりも事後の方が高い数値または同様の数値となった。以上の結果より、今回の実践を通して、受講者がよりロボットやプログラミングへの興味・関心を深めることができ、更に自らプログラムを考えられるようになりたいと感じるようになっていく。これは、問題解決能力を養う為にこの実践が有効であることを確認することができたといえる。

4.2 授業の感想

事後アンケートにおいて、授業の面白かった・楽しかったところ、難しかった・工夫したところ、感想を記入させた。

◇面白かった・楽しかったところ

- ・カーリングゲームが楽しかった
- ・最後に全員で競い合うゲームをしたところ
- ・プログラミング全て
- ・カーリングゲームでプログラムを工夫すること
- ・超音波センサーはすごいと思った

◇難しかった・工夫したところ

- ・うまくプログラムを組めなかった
- ・カーリングゲームで100点を目指したところ
- ・考えたとおりにロボットが動かないところ
- ・秒数を決めるところ
- ・カーリングゲームの障害物をよけるところ

◇感想

- ・ロボットのことがもっと知りたい
- ・もっとロボットを動かしたい
- ・とても楽しくできた
- ・今後の勉強に役立てたい
- ・友達と一緒に学ぶことが出来てよかった

面白かった・楽しかったところについて見てみると、最終課題として用意したカーリングゲームが多く受講者に挙げられ、最終課題の選択は適していたと考えられる。また、互いに競い合うことができた点も挙げられていることから、対戦形式のゲームの選択は小学生が対象である本講習会において、適

当であったと考えられる。

難しかった・工夫したところについては、最終課題用のプログラムの作成が難しかったという記入が多かった。最終課題は、障害物の横を通過したり、的の中でも中心の高得点を狙ったりと、精度を求められる課題であったため、苦戦した受講生が多かったのではないかと考えられる。改善点としては、今回はセンサーの数が多かったため、全センサーについて例題は用意したものの、一部のセンサーについてしか課題を用意することが出来なかった。そのため、各々のセンサーにおいて精度を求める課題を用意することにより、最終課題の難しいと感じた点を解消できるのではないかと考える。

最後に感想では、更にロボットを動かしたい・知りたいという記入が多かった。これらの感想より、本講習会が受講者の興味・関心を大いに高め、更なる活動への発展的な意欲付けをすることが出来たのではないかと考える。また、楽しかった、友達と一緒に学ぶことが出来たという記入もあることから、小学校でロボット教育を行うことは有効であると考えられる。

5. まとめ

中学生に、ロボット学習がものづくりの興味・関心を高め問題解決能力や工夫し創造する能力の育成に効果的であることが分かっているが、今回小学生に対してもロボット教材の有効性を確かめるために本実践を行った。その結果から、以下のようなことが明らかになった。

- ・ロボットは、様々な視点から比較・検討し、NXTを選定した。テキストやプロジェクターによる提示資料を用意し、複数の講師を配置して講習会を行った。
- ・授業実践を行った結果、小学生においてもプログラムの作成は可能であり、数時間の講義でもカーリングゲームを行うレベルまで習得することができた。
- ・最終課題には、様々なセンサーの中から自分が課題を解決するために任意のセンサーを選択できるようにした。その結果、各受講者の考えを反映したプログラムを組むことが出来ていた。
- ・アンケートや感想から自らプログラムを作成してロボットを動かしたいということが分かった。こ

れによりロボット教材の使用は問題解決能力を養う為に有効であることが分かった。

今後も、更に小学生を対象とした実践を行い、さらなる有効性を検証する必要があると考える。

謝辞

本実践を遂行するにあたり、本学部技術教育専攻の学生である大久保直貴さん、玉川沙也夏さん、小林剛大さん、杉原悠介さん、神山菜々瀬さん、舩山元樹さんに講師として協力していただきました。

参考文献

- 1) 文部科学省：中学校学習指導要領解説技術・家庭科，教育図書（2008）
- 2) 川原田康文：ロボティクス科の授業デザインとこれまでの成果と今後の展望，第3回科学技術におけるロボット教育シンポジウム論文集，pp49-51（2009）
- 3) 村松浩幸・杵渕信・渡壁誠・他 10 名：新学習指導要領におけるロボット学習研究会の提案，日本産業技術教育学会第 51 回全国大会公園要旨集，p131（2008）
- 4) 古平真一郎・坂本弘志・針谷安男：自律型ロボット教材を用い「プログラムによる計測・制御」学習の授業実践に基づく学習効果の検証，日本産業技術教育学会誌，第 51 巻，第 4 号，pp285-292（2009）
- 5) 文部科学省：小学校学習指導要領 第 1 章 総則 http://www.mext.go.jp/a_menu/shotou/new-cs/you_ryou/syo/sou.htm（2014）
- 6) 立命館小学校，第 1 回立命館小学校ロボット教育シンポジウム（2012）